

## LIGHT EMITTING DIODE AND MANUFACTURE THEREOF

**Patent number:** JP2001036129 (A)

**Publication date:** 2001-02-09

**Inventor(s):** OTSUKA AKIRA; SASAKI SHIGERU

**Applicant(s):** DOWA MINING CO

**Classification:**


- international: **H01L33/00; H01L33/00;** (IPC1-7): H01L33/00

- european:

**Application number:** JP19990203397 19990716

**Priority number(s):** JP19990203397 19990716

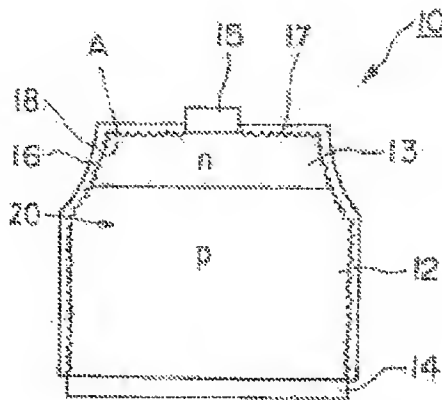
**Also published as:**

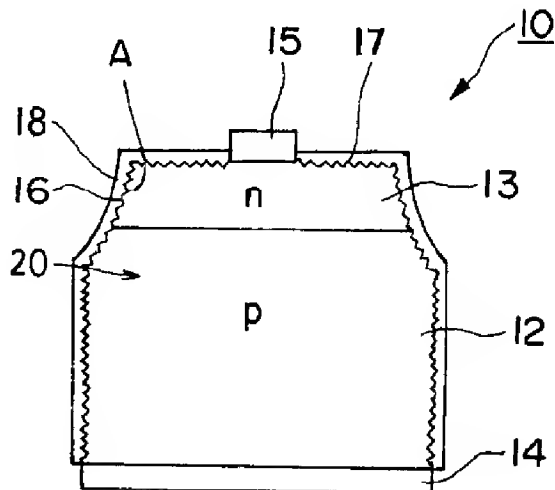
 JP4189710 (B2)

### Abstract of JP 2001036129 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light emitting diode whose cost is lessened by a method, wherein a process where the top surface and side of a semiconductor chip are roughened and another process where a thin film is formed are carried out at the same time, without protecting the electrode, and to provide a method of manufacturing the same.

**SOLUTION:** A light emitting diode is equipped with a semiconductor chip 20, which is provided with a PN junction and an N-type GaAs layer formed on its top surface and electrodes 14 and 15, which are each provided on the top surface and under surface of the semiconductor chip 20 respectively, where light is projected out from the region of the top surface of the chip 20 other than the electrode 15 and a side A.; A rugged plane 17 whose surface roughness ranges from about 0.5 to 5.0  $\mu\text{m}$  is provided k the region of the top surface of the chip 20 other than the electrode 15 and the side A, and an arsenic compound thin film 18 which contains semiconductor chip material is deposited on the rugged plane 17.





【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域とでpn接合を形成するように配置された半導体チップと、この半導体チップの上面及び反対側の裏面に配設された電極とを含んでおり、該半導体チップ上面の電極以外の領域及び側面から光を取り出すように構成された発光ダイオードにおいて、

上記電極以外の半導体チップ上面及び／又は側面が、0.5乃至5 $\mu$ m程度の凹凸面を有すると共に、少なくともその凹凸面に、上記半導体チップ材料を含む化合物の薄膜が付着していることを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項2】 前記n型の第一の半導体領域と前記p型の第二の半導体領域が、GaAs系半導体材料で形成されていることを特徴とする、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記半導体チップ上面の凹凸面が、前記n型の第1の半導体領域で形成されたn層であることを特徴とする、請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 少なくとも上面側の前記n型の第一の半導体領域が、その側縁部で凹凸面を有する傾斜領域を備えたことを特徴とする、請求項1～3の何れかに記載の発光ダイオード。

【請求項5】 前記薄膜が、水酸化ヒ素を主成分とするヒ素化合物であることを特徴とする、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項6】 半導体基板上に複数の半導体層を積層させて、少なくともn型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域とがpn接合を形成するように配設された複数の半導体チップを形成する第一の段階と、上記半導体チップの上面及び裏面に電極を形成する第二の段階と、上記半導体チップの電極以外の上面領域及び／又は側面を表面粗さが0.5乃至5.0 $\mu$ m程度となるように凹凸化すると共に、その凹凸化された表面に半導体チップ材料を含む化合物の薄膜を付着させる第三の段階と、を含んでいることを特徴とする、発光ダイオードの製造方法。

【請求項7】 前記n型の第一の半導体領域と前記p型の第二の半導体領域を、GaAs系半導体材料で形成することを特徴とする、請求項6に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項8】 前記凹凸化を、前記n型の第1の半導体領域で成るn層で形成することを特徴とする、請求項6又は7に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項9】 前記薄膜が、水酸化ヒ素を主成分とするヒ素化合物であることを特徴とする、請求項6に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項10】 前記第三の段階にて、凹凸化及び薄膜形成が、電極と反応せず半導体チップ材料とのみ反応す

る薬液によって行なわれることを特徴とする、請求項6に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項11】 前記薬液が、硝酸水溶液であることを特徴とする、請求項10に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項12】 前記第三の段階の前に、半導体基板を切断して、各半導体チップ毎に分離する第四の段階を備えていることを特徴とする、請求項6に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項13】 前記第四の段階にて、切断された各半導体チップが互いに切断面長以上の間隔で固定されていることを特徴とする、請求項12に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項14】 前記第四の段階にて、半導体基板の裏面に粘着テープが貼着された後半導体基板の切断が行なわれ、さらにその後、粘着テープが伸長されることにより、各半導体チップが互いに30 $\mu$ m以上の間隔を備えることを特徴とする、請求項12又は13に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項15】 前記第三の段階における凹凸化及び薄膜形成が、少なくとも半導体チップの上面及び／又は側面を、15乃至80重量%の硝酸水溶液に1秒以上浸漬することにより行なわれることを特徴とする、請求項6, 10又は11に記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項16】 前記薄膜が、凹凸化の際に前記硝酸水溶液中に溶解した半導体チップ材料が硝酸水溶液中で反応して化合物となって、凹凸化された半導体チップの上面及び／又は側面に付着することを特徴とする、請求項6, 10, 11又は15に記載の発光ダイオードの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は少なくともn型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域を有するpn接合を備えた発光ダイオード及びその製造方法に係り、特に、光出射面を凹凸化処理して発光効率を高めると共に、広角度で発光し得るようにした発光ダイオードとその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、このような発光ダイオードは、半導体基板上に、例えばエピタキシャル成長によって複数の半導体層を積層させて、n型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域を有する少なくとも1つのpn接合を備え、GaAs系のn層又はp層が上面に配設された複数の発光ダイオードチップを構成し、この半導体チップの上面及び裏面に電極を形成した後、半導体基板を切断することによって各半導体チップ毎に分離することにより、製造されている。

【0003】このような構成の発光ダイオードによれば、電極間に駆動電圧を印加することによって半導体チ

ップ上面のn層又はp層及び側面のpn接合部から光が  
出射するようになっている。

【0004】ところで、このような構成の発光ダイオードにおいて、その発光効率を高めるためには、従来、半導体チップ表面の凹凸化、そして半導体チップ表面への特定の屈折率を持つ薄膜形成が効果的であることが知られている。例えばGaAlAs発光ダイオードの場合には、半導体チップの分離前に、p側においては、マスク等により電極を保護して、例えば95：5の硝酸：硫酸により凹凸化が行なわれ、またn側においては、同様にマスク等により電極を保護して、例えば90：10の硝酸：水により凹凸化が行なわれている。また、特定の屈折率を持つ薄膜形成としては、半導体チップの半導体構成物以外の組成物、例えば窒化シリコン、酸化シリコン等により形成されていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように凹凸化され、薄膜が形成された発光ダイオードにおいては、凹凸化等の際にマスク等による電極保護が必要であり、凹凸化等の処理後には、電極保護のためのマスク等の除去が必要になるため工程が複雑になって、そのためにコストも高くなってしまふ。また、凹凸化及び薄膜形成が別工程であることから、工程数が多くなり、処理時間も長くなることによってもコスト高の要因になる。さらに、凹凸化及び薄膜形成を行なった後に、半導体チップの分離作業が必要になることから、半導体チップ分離の際の切断箇所における凹凸化及び薄膜形成が不可能であり、発光効率の向上が十分ではなくなってしまう。

【0006】このため、半導体チップの分離後に凹凸化及び薄膜形成を行なう方法も考えられるが、この場合、電極保護のためのマスク等の電極保護材の取付け及び除去が必要となり、作業が煩雑になってしまう。

【0007】この発明は、以上の点にかんがみて、電極保護を行なう必要なしに、半導体チップの上表面及び側面の凹凸化及び薄膜形成を同時に行なうことにより、広角度に発光し得ると共に、格段に発光効率を高めた発光ダイオードを提供することを一目的としている。また、この発明は、広角度で且つ高輝度に出射し得る発光ダイオードを得るに際し、製造工程を削減し得ると共に、コストを低減するようにした、優れた発光ダイオードの製造方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載した発明は、n型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域とでpn接合を形成するように配置された半導体チップと、この半導体チップの上表面及び反対側の裏面に配設された電極とを含んでおり、半導体チップ上面の電極以外の領域及び側面から光を取り出すように構成した発光ダイオードにおいて、上記電

極以外の半導体チップ上面及び／又は側面が、0.5乃至5 $\mu$ m程度の凹凸面を有すると共に、少なくともその凹凸面に上記半導体チップ材料を含む化合物の薄膜が付着していることを特徴としている。この発光ダイオードは、好ましくは、n型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域をGaAs系半導体材料で形成しており、また、前記半導体チップ上面をn型の第1の半導体領域で形成したn層とすると共に、少なくとも上面側の該n型の第一の半導体領域が、その側縁部で凹凸面を有する傾斜領域を備えるように形成されている。さらに、この発光ダイオードは、好ましくは、前記薄膜が水酸化ヒ素を主成分とするヒ素化合物で形成される。

【0009】また、請求項6に記載した発明では、半導体基板上に複数の半導体層を積層させて、少なくともn型の第一の半導体領域とp型の第二の半導体領域とがpn接合を形成するように配設された複数の半導体チップを形成する第一の段階と、上記半導体チップの上面及び裏面に電極を形成する第二の段階と、上記半導体チップの電極以外の上面領域及び／又は側面を表面粗さが0.5乃至5.0 $\mu$ m程度となるように凹凸化すると共に、その凹凸化した表面に半導体チップ材料を含む化合物、好ましくは水酸化ヒ素の薄膜を付着させる第三の段階とを含むように、発光ダイオードを製造することの特徴としている。前記n型の第一の半導体領域と前記p型の第二の半導体領域は、好ましくは、GaAs系半導体材料で形成され、前記凹凸化は、前記n型の第1の半導体領域で形成したn層で形成される。

【0010】この発明による発光ダイオードの製造方法は、好ましくは、上記第三の段階において、凹凸化及び薄膜形成を、電極と反応せず半導体チップ材料とのみ反応する薬液、好ましくは硝酸水溶液によって行なうようにしている。

【0011】この発明による発光ダイオードの製造方法は、好ましくは、上記第三の段階の前に、半導体基板を切断して各半導体チップ毎に分離する第四の段階を備えている。また、上記第四の段階にて、好ましくは、各半導体チップを互いに切断面長以上の間隔を備えるように配置している。この発明による発光ダイオードの製造方法は、好ましくは、上記第四の段階にて、半導体基板の裏面に粘着テープを貼着した後半導体基板の切断を行ない、さらにその後、粘着テープを伸長することにより、各半導体チップを互いに切断面長以上の、例えば30 $\mu$ m以上の間隔を備えるように構成している。

【0012】上記発光ダイオードの製造方法にあって好ましくは、上記第三の段階における凹凸化及び薄膜形成が、少なくとも半導体チップの上面及び側面を、15乃至80重量%の硝酸水溶液に1秒以上浸漬することにより行なわれる。上記薄膜は、凹凸化の際に硝酸水溶液中に溶解した半導体チップ材料が硝酸水溶液中で反応して化合物となって、凹凸化された半導体チップの上面及び

／又は側面に付着することにより形成される。

【0013】上記構成によれば、光が射出する半導体チップの電極を除く上面領域及び／又は側面を、電極と反応しない薬液を使用して凹凸化すると共に、同時に薄膜形成を行なうので、発光ダイオードの発光効率を効果的に高めることができ、さらに工程数が少なく済み、処理時間が短くなるので生産効率が向上する。

【0014】上記第三の段階にて、凹凸化及び薄膜形成が、電極と反応せず半導体チップ材料とのみ反応する薬液、好ましくは硝酸水溶液によって行なわれる場合には、凹凸化及び薄膜形成の際に電極保護が不要となるので、電極保護材の取付け及び除去を行なう必要がなく、工程が簡略化されコストを低減することができる。上記第三の段階の前に、半導体基板を切断して各半導体チップ毎に分離する第四の段階を備えており、上記第四の段階にて、各半導体チップが互いに切断面長以上の間隔、好ましくは $30\mu\text{m}$ 以上の間隔を備えている場合には、各半導体チップの間隔が切断代より大きくされるので、凹凸化及び薄膜形成の際に薬液が半導体チップの間に容易に進入することによって、半導体チップ側面の凹凸化及び薄膜形成を確実に行なうことができる。上記第四の段階にて、半導体基板の裏面に粘着テープが貼着された後、半導体基板の切断が行なわれ、さらにその後、粘着テープが伸長されることにより、各半導体チップが互いに切断面長以上の間隔、例えば $30\mu\text{m}$ 以上の間隔を備える場合には、半導体チップの分離後に、粘着テープの伸長によって各半導体チップが粘着テープにより相互に連結された状態のままで、容易に所定の半導体チップ間隔を設定することができる。従って、半導体チップの取扱いが容易になる。上記第三の段階における凹凸化及び薄膜形成が、少なくとも半導体チップの上面及び／又は側面を、15乃至80重量%の硝酸水溶液に1秒乃至600秒の間浸漬することにより行なわれる場合には、所望の表面粗さの凹凸化及び薄膜形成を実現することができる。また、薄膜の形成において、凹凸化の際に硝酸水溶液中に溶解した半導体チップ材料が硝酸水溶液中で反応して化合物となって、凹凸化された半導体チップ上面及び／又は側面に付着する場合には、凹凸化及び薄膜形成が一種の薬液、即ち硝酸水溶液のみによって行なわれ得るので、製造コストを低減することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面に示した実施形態に基づいて、この発明を詳細に説明する。図1はこの発明による発光ダイオードの一実施形態を示している。図1において、発光ダイオード10は、p-n接合の発光ダイオードチップとして、p型の半導体領域12とその上に配設されたn型の半導体領域13とで形成された半導体チップ20と、これらを挟むように半導体チップ20の上面及び裏面に備えられた電極14、15と、から構成されている。ここで、p-n接合は半導体チップ20の上面

及び下面に対して平行に形成されており、p-n接合の端部は半導体チップの側面に露出している。そして、このp-n接合を含む半導体チップ20の側面は、斜めに切り取られた傾斜面16を備えたメサ構造に形成され、これによりp-n接合から射出する光に対する全反射を減少させ、上方への光の取り出し量の増加を図っている。

【0016】上記p型の半導体領域12は、例えば $\text{Ga}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{As}$ の半導体材料に対して、不純物として例えば $10^{-17}$ 乃至 $10^{-18}/\text{cm}^3$ 程度のZn等を添加したものである。また、上記n型の半導体領域13は、例えば $\text{Ga}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{As}$ の半導体材料に対して、不純物として例えば $10^{-17}$ 乃至 $10^{-18}/\text{cm}^3$ 程度のTe等を添加したものである。ここで、上記p型の半導体領域12及びn型の半導体領域13は、その境界において互いにp-n接合を形成している。なお、上記p型の半導体領域12及びn型の半導体領域13は、図示しない半導体基板の例えば(100)面上に順次に例えばエピタキシャル成長によって積層して形成されることにより、その(100)面が表面の方位と一致するようになっている。

【0017】さらに、上記発光ダイオード10の表面(上面)側において、電極15を除く半導体チップ20の上面及び側面(図面にて、符号Aで示す領域)が、凹凸化処理されて凹凸面17が形成されており、少なくともその凹凸面17に半導体材料の組成の一部を含む化合物、例えば水酸化ヒ素などを主組成とした薄膜18が形成されている。凹凸面17は、半導体チップ20の光を射出する面に形成するのが効果的であり、通常は半導体チップ20の上面か側面の少なくとも一方に形成される。本実施の態様では、半導体チップ20の上面と側面、とくにメサ構造を形成する傾斜面16に形成されている。

【0018】この凹凸面17は、半導体チップ20の上面及び／又は側面の内部に窪みを形成することにより凹凸構造が形成され、その窪みの深さは例えば0.5乃至5.0 $\mu\text{m}$ 程度の表面粗さとなるように例えば薬液処理によるエッチングによって行なわれる。また、少なくともその凹凸面17に形成される水酸化ヒ素などを主組成とした薄膜18は、0.01 $\mu\text{m}$ 以上の厚さ、最適値としては0.01 $\mu\text{m}$ ～5 $\mu\text{m}$ 程度の厚さを有している。図1に示す模式図では、薄膜18は凹凸面17のみならず、両電極14、15を除く半導体チップ20の全表面に形成されているものとして描かれている。

【0019】上述した発光ダイオード10は、本発明による製造方法によれば以下のようにして製造される。即ち、図2に示すフローチャートに従って、先ずステップST1において、半導体基板上に、p型の半導体領域12及びn型の半導体領域13が順次に積層して形成される。続いて、ステップST2にて、半導体基板を取り除いたp型の半導体領域12の裏面とn型の半導体領域1

3の上面にて、半導体チップ領域に、それぞれ電極14、15をパターン形成する。上述したステップST1乃至ステップST2は、従来の発光ダイオードの製造方法と同じである。

【0020】次に、ステップST3にて、積層した半導体を半導体チップ領域毎に切断して各半導体チップ20を分離する。この場合、切断作業の前に、裏面の電極14側には粘着テープ21を貼着しておく。これにより、切断後に各半導体チップ20が切り離されずに、所定間隔で一体に保持されるようになっている。

【0021】その後、ステップST4にて、所謂エキスパンドが行なわれる。これは、図3に示すように、粘着テープ21を矢印Xで示すように横方向に伸長させることにより行なわれる。これにより、粘着テープ21が横方向に延びて、各半導体チップ20の間隔が拡張される。ここで、各半導体チップ20の間隔dは、後の凹凸化処理にて、各半導体チップ20の側面の凹凸化が容易に行なわれ得るように、切断面長以上の間隔、例えば30 $\mu$ m以上にされる。

【0022】この状態から、ステップST5にて、凹凸化処理及び薄膜形成工程が行なわれる。この工程においては、先ず各半導体チップ20が粘着テープ21に固定保持された状態で、少なくとも各半導体チップ20の上面及び側面の領域を、例えば10秒間水洗する。続いて、各半導体チップ20の上面或いは側面、好ましくは上面及び側面の領域が硝酸水溶液によって凹凸化処理される。この凹凸化は、少なくともn型の半導体領域13の上面と側面のpn接合部を含む傾斜面16とに形成される。ここで、硝酸水溶液としては15乃至80重量%の硝酸水溶液が使用され、処理時間は、温度10℃～50℃、好ましくは25℃にて例えば60秒である。なお、この処理時間は例示したものであり、これに限定されることなく所望の表面粗さの凹凸化が得られるように、例えば1秒乃至600秒の間で適宜に設定されればよい。ここで、処理時間が1秒以下の場合には、十分な凹凸化が行なわれず、また、600秒以上の処理時間の場合には、過度の凹凸化が行なわれてしまう。

【0023】これにより、各半導体チップ20の上面及び傾斜面16を含む側面の領域が硝酸水溶液と反応することにより凹凸化処理されて凹凸面17が生じると共に、同時進行的に、硝酸水溶液中に溶解した半導体材料が硝酸水溶液中で反応することにより、水酸化ヒ素を主成分としたヒ素化合物が生成され、この水酸化ヒ素等が各半導体チップ20の上面及び側面の領域に付着して、薄膜18を形成する。その後、例えば30秒間の水洗を行ない、さらに例えば1:1.25の塩酸:水によって表面の清浄化を行なった後、再び例えば30秒間の水洗を行ない、乾燥することにより、各半導体チップ20の凹凸化及び薄膜形成が完了し、各半導体チップ20が完成する。

【0024】ここで上記実施例に代えて、本発明者らは、下側をn型の半導体領域とし上面側をp型の半導体領域としてpn接合を形成した半導体チップを用いて、硝酸水溶液によって上面及び側面を凹凸化処理する実験を試みたが、薬液を適用すると上面側のp層にパターン形成した電極の周囲部分が大きくえぐれてしまい、結局、電極が剥離してしまつて、本発明の効果を達成し得るような好ましい凹凸構造を生じなかった。従つて、この発明により最適な凹凸面を得るためには、上記実施例のように、下側をp型の半導体領域とし、上面側をn型の半導体領域としたpn接合の半導体チップを用いるのが好ましい。

【0025】この発明による発光ダイオード10は以上のように構成されており、図4(A)、(B)に示す電子顕微鏡写真(3100倍)によく表れているように、半導体チップ20の電極15を除く上面領域及び側面(傾斜面16を含む)が、図4(A)の状態から、図4(B)に示す如くに凹凸化処理され、同時に薄膜18が形成される(図1)。この薄膜18は、凹凸面の窪みを埋めてさらに堆積していることが分かる。なお、図4(C)は、本発明により処理した半導体チップ20の外表面の一部を撮影した電子顕微鏡写真(500倍)である。

【0026】この発明により得られた発光ダイオード10によれば、図5(A)の指向特性図に示すように、発光ダイオード10の発光効率が格段に向上する。なお、比較のために、従来構成の発光ダイオード10の指向特性図を図5(B)に示す。従来構成の発光ダイオードでは横及び斜め方向からの出射効率はかなり低下しているが、本発明で処理した発光ダイオードでは前方のみならず、ほぼ180°の広角度で出射効率が格段に向上しており、発光光量としては従来構成品と比較して40～50%の割合で向上している。なお、発光電流は20mAである。ここで、半導体チップの上面及び/又は側面に凹凸面を形成しただけでは、半導体チップ内部のpn接合から出射した光は、この凹凸構造をもつ半導体チップの屈折率と空気の屈折率との関係で大部分が反射してしまつて外部へあまり出射しないが、凹凸面に薄膜を付着することにより極めて効率よく光が出射する。これは、半導体チップの屈折率より小さい薄膜を形成することにより、この薄膜が光を空気中へ導くことになるため、この薄膜を通過して光が効率よく出射するものと考えられる。なお、上記指向特性は、図6に示すように発光ダイオード10を発光させて、光測定部30を発光ダイオード10の周りに-90度から+90度まで回転させながら、この光測定部30によって発光ダイオード10からの入射光量を測定することにより得られる。

【0027】この場合、上記凹凸化処理及び薄膜形成は、同一工程において、同じ処理用の薬液(硝酸水溶液)によって行なわれる。従つて、別工程とすることな

く1つの工程で行なえるので工程数が少なく済み、また薬液も一種類でよいことから、コストが低減され得ると共に、処理時間が短縮されることになる。さらに、凹凸化処理及び薄膜形成のための薬液が硝酸水溶液であることから、半導体チップ20を構成する電極14、15と反応しない。したがって、電極保護のためのマスク等が不要になると共に、このマスク等の処理前の取付け及び処理後の除去も不要になり、作業が簡略化されてより一層コストが低減される。

【0028】なお、上述した実施形態においては、発光ダイオード10のp型の半導体領域12及びn型の半導体領域13の半導体材料及び不純物は、例示したものに限定されず、発光ダイオード10の発光色等に応じて、他の任意の半導体材料及び不純物の種類、濃度等を選定することが可能であることは明らかである。

【0029】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、光が出射する半導体チップの電極を除く上面領域及び側面を、電極と反応しない薬液を使用して凹凸化すると共に、その凹凸化された表面に同時に薄膜を形成するので、発光ダイオードの発光効率を高めることができ、さらに工程数が少なく済み処理時間も短くなるので、生産効率が向上する。このようにして本発明によれば、電極保護を行なう必要なしに、半導体チップ上面及び側面の凹凸化及び薄膜形成を同時に行なうことにより、コストを低減するようにした、発光効率に優れ、かつ、広角度で出射し得る発光ダイオード及びその製造方法が提供されることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による発光ダイオードの一実施形態の構成を示す概略断面図である。

【図2】図1の発光ダイオードの製造方法の一実施形態を示すフローチャートである。

【図3】図2のフローチャートにおけるエキスパンドを示す概略断面図である。

【図4】図2のフローチャートにおける凹凸化処理及び薄膜形成の電子顕微鏡写真(3100倍)であり、

(A)は処理前の、(B)は処理後の切断表面を倍率3100倍で撮影したもの、(C)は処理後の発光ダイオード表面の一部を示す倍率500倍で撮影したものである。

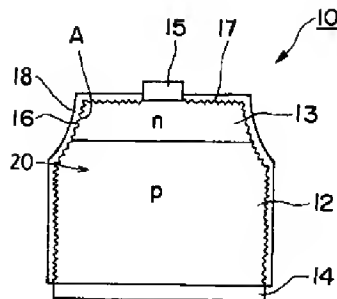
【図5】発光ダイオードの指向特性図であり、(A)は本発明による発光ダイオードの、(B)は従来の発光ダイオードの指向特性データである。

【図6】図6の発光特性を測定するための測定装置の一例を示す概略図である。

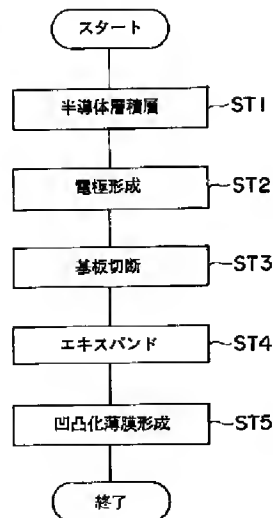
【符号の説明】

- 10 発光ダイオード
- 12 p型の半導体領域
- 13 n型の半導体領域
- 14, 15 電極
- 16 傾斜面
- 17 凹凸面
- 18 薄膜
- 20 半導体チップ
- 21 粘着テープ
- 30 光測定部

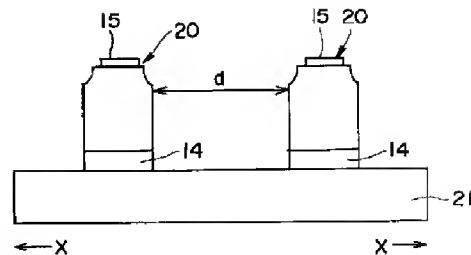
【図1】



【図2】

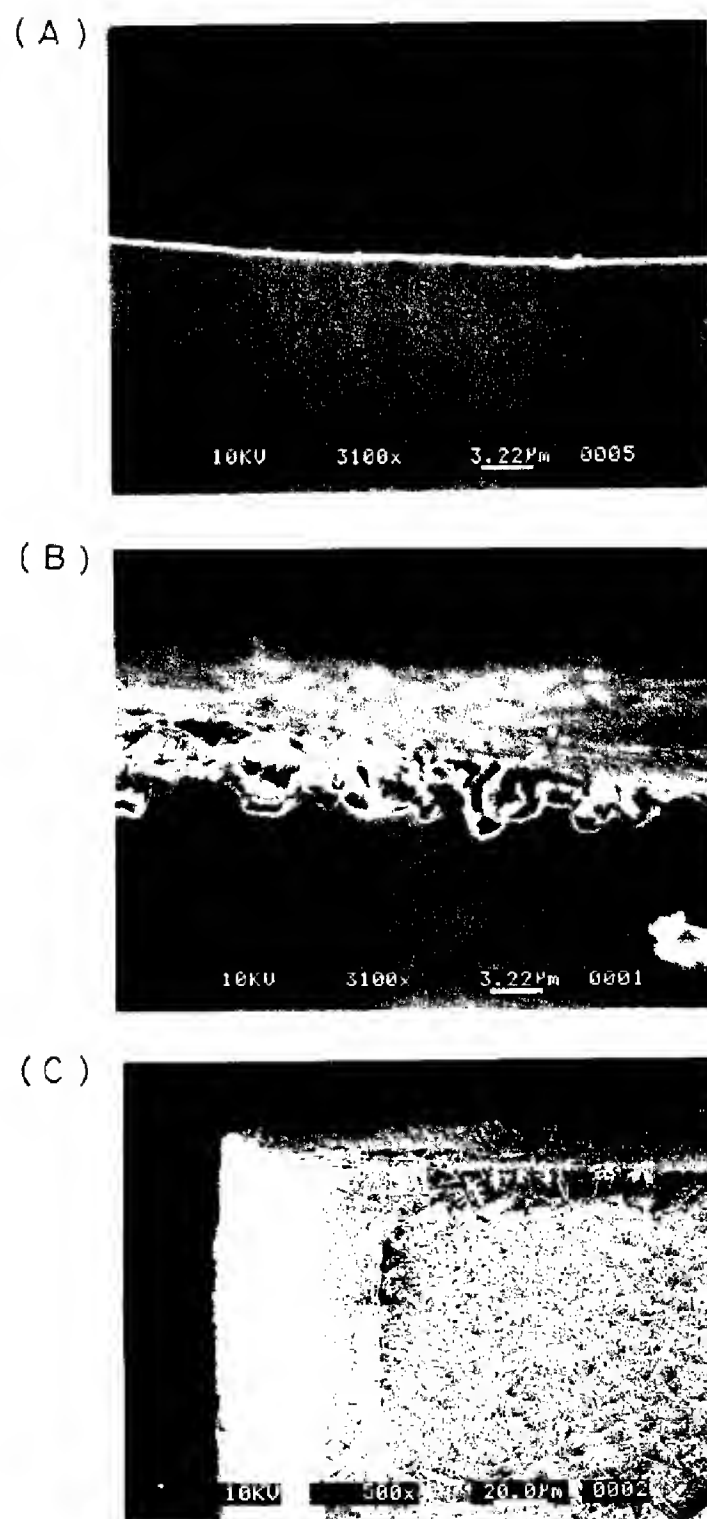


【図3】



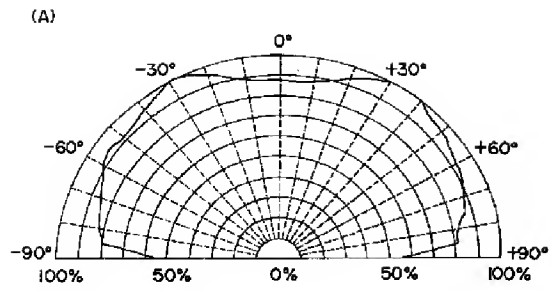
(7) 開2001-36129 (P2001-3eA)

【図4】

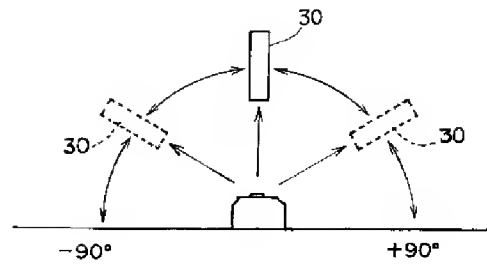




【図5】



【図6】



(B)

